



TITLE:

33. Anisotropic Domains in Shear Flow

AUTHOR(S):

小貫, 明

CITATION:

小貫, 明. 33. Anisotropic Domains in Shear Flow. 物性研究 1986, 46(6): 918-919

ISSUE DATE:

1986-09-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/92284>

RIGHT:

33. Anisotropic Domains in Shear Flow

京大・基研 小 貫 明

§ 1 問 題

2相分離した液体をシェアーのある流動状態にしてみよう。すると境界面は破碎され細かいドメイン構造ができる。シェアーがある程度大きければ、ドメインサイズは充分小さく重力による沈降は無視できる。このような現象は、日常我々が経験するところのものであり、多様な場合がある。私が特に興味深く思うのは、(i) 臨界点近くの2成分溶液、そして、(ii) からみあった高分子混合物、である。前者に対しては既にある程度予備的な光散乱実験がある。後者には工業的に大きな意味がある。この小論では、前者に対し期待される物理を考察してみる。

はじめに2つの実験について言及する。 T_c 以下にした不安定な溶液を毛細管(~ 1 cm)に通し、レーザー光を透過させてみる。するとスクリーン上のスピノダルリングは1本の明るいすじ(streak とよぶ)に変化する(Beysens and Perrot 1984)。これはドメイン構造が急激に伸長されることに対応する。また2相分離した溶液に定常シェアーをかけてやると、境界面はなくなり一様にまざる。定常状態が実現される(Hashimoto)。

§ 2 Spinodal decomposition in shear

臨界点近くでは、特性的時間は次に与えられる。

$$\tau_\xi = \xi^2 / D = 6\pi\eta\xi^3 / k_B T_c \quad (1)$$

ここで D は拡散係数、

$$\xi \propto |T_c - T|^{-\nu}$$

は相関長、 η は粘性率である。簡単のため2成分の濃度比は臨界値にあるとし、温度 T を T_c 以下にする。シェアーがなければ、いわゆるスピノダル分解がおこる。シェアー S があると、ドメインの変形がおこる。2つの場合がある。

$$(i) \text{ weak shear case } \quad S\tau_\xi < 1,$$

$$(ii) \text{ strong shear case } \quad S\tau_\xi > 1.$$

前者の場合、ドメインはよりずっと大きくなりドメインの異方性も大きくはならない。多く

の場合ドメインの大きさは、 $\sigma/\eta S$ の程度である。 σ ($\sim 0.1 k_B T_c / \xi^2$) は表面張力。臨界点からはずれてくると $(\sigma/\rho S^2)^{1/3}$ の程度になる場合もある。 ρ は密度である。strong shear の場合は、ドメインの特性時間よりずっと早く伸長がおこる。この場合は著しく異方的な構造ができる。散乱は鋭い streak で特徴づけられる。詳しくは、私のプレプリントを参照してください。

§ 3 Nucleation in shear

off-critical な場合を考えよう。ドロプレットがシェアーで変形、破碎される。このためドロプレットの大きさは、ある程度以上は大きくならない。しかしシェアーが充分弱ければ、観測可能な程度のドロプレットが出現するわけである。いわゆる臨界核が出現する必要条件は

$$S\tau_\xi < \phi \ll 1$$

である。 ϕ は volume fraction である。いったん出現したドロプレットは流れのため（拡散でなく）衝突、重合していく。このような成長過程（growth process）のタイムスケールは $1/S\phi$ である。しかしもうひとつの面白い側面は臨界核の birth process に対するシェアーの効果である。即ち、シェアーが充分小さくドロプレットの表面がはっきりできているなら、ドロプレットは表面張力のおかげでこわれぬ。しかしシェアーがいくら弱くても表面がはっきり形成されていないのなら、シェアーは濃度ゆらぎを（accumulative に）四散しうる。この最後の側面については、今のところ何の結論も出せない。

§ 4 コメント

シェアーによってできたドメイン構造は、ポリマーの分野で極めて重要な研究対象である。しかも手つかずに残っている。そのレオロジーは大変異常で、かつ普遍的であるようである。即ち数多くの系（dispersion, liquid crystal etc.）で見られる。ドメイン破壊による非ニュートン性などがその例である。

以上のような現象は、物理として扱われることはまずなく、大変 exotic なものであるが、何かができれば新しいと思う。類似の現象はいくらでもあると思うのである。